

이달의초점

# 기후위기 시대 건강한 삶을 위한 전략

기후변화가 감염병 유행에 미치는 영향

**|김종헌|**

대기오염이 만성질환자에게 미치는 영향과 시사점:  
미국 천식 아동의 의료이용 관련 연구 결과를 중심으로

**|백주하|**

기후위기 건강 적응을 위한 국가 정책의 현재와 미래

**|채수미|**

지역사회의 기후위기 건강 적응 현황과 정책과제

**|명형남|**

기후위기의 건강 영향에 대한 인식 제고 방안: 기후건강 리터러시를 중심으로

**|최슬기|**



한국보건사회연구원  
KOREA INSTITUTE FOR HEALTH AND SOCIAL AFFAIRS

# 기후변화가 감염병 유행에 미치는 영향

The Impact of Climate Change on the Epidemic of Infectious Diseases

김종헌 성균관대학교 의과대학 사회의학교실 조교수

기후위기 대응을 위한 정부간 협의체에서는 기후변화로 인한 극한 기상현상이 인간의 건강에 직접 및 간접적인 영향을 미칠 것으로 예상하고 있다. 기후변동성은 지구 기후 시스템의 자연적인 변동으로, 열대 태평양에서 발생하는 엘니뇨·라니냐 현상은 동남아시아와 서태평양 지역의 기후에 영향을 준다. 엘니뇨 현상은 이 지역에 뎅기열 유행을 증가시키고, 라니냐 현상은 세균성 이질 환자 발생을 증가시킨다. 기후변화로 인한 기상요소의 변동은 모기와 진드기의 서식지 변화에 영향을 준다. 장 감염 질환과 관련해 낮은 온도에서는 바이러스성 감염, 높은 온도에서는 세균성 감염이 증가할 수 있다. 비브리오패혈증은 폭우로 인한 담수 유입으로 염도가 낮아져 발생이 늘어날 수 있다. 기후변화 자체를 억제하는 것이 기후변화 대응에서 이상적인 전략으로 여겨진다. 하지만 국민들이 체감하고 있는 기후변화가 야기하는 감염병 유행을 최소화하기 위한 적응 전략으로 국내외에서의 감염병 감시망 및 담당 인력을 강화하고 확대하는 것이 미래를 위한 최선의 전략이 될 수 있다.

## 1 들어가며

18세기 산업혁명을 거쳐 인류는 산업화 시대를 살아가면서 에너지원으로 화석연료를 계속해서 사용해 왔다. 화석연료를 연소시키는 인간의 활동으로 인해 온실가스 배출량은 지속적으로 증가하였

고, 이는 대기 조성을 변화시켜 지구온난화와 강우의 변화를 초래하는 기후변화를 야기하게 되었다. 최근에는 ‘기후변화’라는 용어가 단지 자연적인 원인에 의해 야기되는 기후변동성이 인간의 활동에 의해 추가적으로 악화된 상황만을 언급하는 용어로 판단되어 심각성을 전달하지 못한다는 문제 의식에

서 ‘기후위기’라는 용어가 더 많이 사용되고 있다.

기후변화로 인한 인류의 위협에 대응하기 위해 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)은 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)를 설립하고 기후변화 시나리오를 만들어 인류가 어떻게 미래를 준비해야 하는지 해답을 찾으려 노력하고 있다. 2001년 IPCC 제3차 보고서에 처음으로 제시되었던 SRES(Special Report on Emission Scenarios) 시나리오는 2013년 IPCC 제5차 보고서에서 RCP(Representative Concentration Pathways) 시나리오로 수정되어 제시되었으나, 예상보다 빠르게 증가하는 온실가스로 인해 8년 만인 2021년 IPCC 제6차 보고서에 SSP(Shared Socioeconomic Pathways) 시나리오로 다시 보완되어 제시된 바 있다. SSP 시나리오는 기존 RCP 시나리오의 개념인 온실가스의 영향력에 경제 발달, 생태계 요소, 자원, 기술의 발달, 그리고 정책까지를 모두 고려한 것으로, 기후변화의 완화와 적응을 위한 인류의 노력을 담고 있다. IPCC 제6차 보고서에서는 남아 있는 21세기에 세계의 전 지역에서 기후 영향 요인이 동시적이면서도 다중적인 변화가 더욱 광범위하게 나타날 것이라고 예상하였다. 즉 극단적인 고온 현상, 가뭄, 집중호우, 태풍의 빈도와 강도 증가가 나타날 것으로 예상하였다. 이러한 기후 영향 요인의 변화는 인간의 건강에 직접적 그리고 간접적으로 영향을 미칠 수 있다. 호흡기계질환, 심뇌혈관계질환과 같은 비전염성 질환의 발생과 외상

이 고온 및 폭풍우와 같은 극한 기상현상으로 인한 직접적인 영향이라면 생태계의 변화, 수질의 악화, 매개체의 분포 변화로 인한 감염병의 발생은 간접적인 영향이라 할 수 있다.

이 글에서는 기후 영향 요인의 변화와 관련해 지구 차원에서 발생하고 있는 기후변동성과 기후지표, 그리고 이와 관련된 모기 매개 감염병, 수인성 및 식품 매개 감염병의 관련성을 살펴보고자 하였으며, 국내에서의 기후요소 변화가 국내 감염병 발생에 미치는 영향을 검토하였다. 이를 바탕으로 향후 기후변화 적응을 위하여 보건복지정책 측면에서 시사점을 제안하고자 하였다.

## 2 기후변동성과 엘니뇨·남방진동, 해외 유입 감염병

### 가. 기후변동성

기후변동성은 지구 기후 시스템의 자연적인 현상으로 발생하는 변동을 의미하며, 시간적으로는 몇 달, 몇 년 또는 길어야 몇십 년 정도에 걸쳐 발생하는 단기 변동이다. 따라서 기후변동성은 단기적으로는 기온, 강수량, 폭풍의 빈도 및 강도의 변화와 같은 형태로 나타날 수 있지만, 시간이 지나면 결국 평균으로 수렴하는 경향이 있다. 공간적인 측면에서 지역적 규모의 기후변동은 국지적인 특성을 가지면서 지역적으로 서로 다른 양상을 보이고 있으나, 지구 규모의 대기 순환과 연동되어 뚜렷한 공

간접 변동 방향을 갖는 기후변화와는 차이가 있다.

### 나. 엘리뇨·남방진동

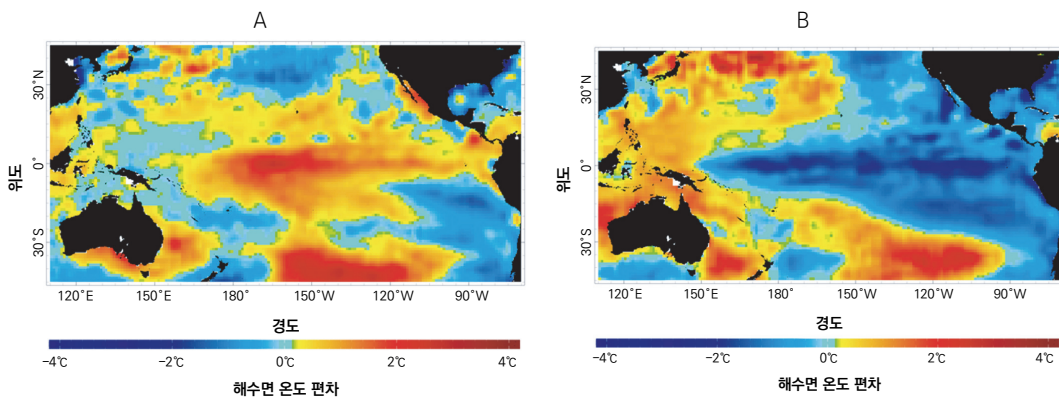
(ENSO: El Niño–Southern Oscillation)

열대 태평양에서 나타나는 해양 및 대기의 변동인 엘리뇨·남방진동(ENSO)은 지구의 기후변동성을 유발하는 가장 중요한 요인 중 하나이다. ENSO는 복잡한 기후 양상을 나타내기 때문에 해마다 영향이 다를 수 있지만, 열대 지방의 기후변동성을 유발하는 가장 중요한 요소로 알려져 있으며, 전 세계 날씨 변화에 큰 영향을 미치고 있다. ENSO는 일반적으로 엘리뇨(El Niño) 단계와 라니냐(La Niña) 단계로 구분할 수 있다(그림 1).

주요한 기후변동성을 정량적으로 설명하기 위해 다양한 지표가 개발되어 있는데, 열대 태평양에서

엘리뇨 현상을 나타내는 잘 알려진 지표로는 NINO3.4 지수가 있다. 이는 경도와 위도 170°W – 120°W, 5°S – 5°N 영역의 해수면 온도 평균을 1991년부터 2020년까지의 기후값에 대한 편차로 산출한다. ONI(Oceanic Niño Index)도 엘리뇨 현상을 감시하는 데 사용되는 중요한 지표 중 하나이다. NINO3.4 지수와 동일한 영역에서 해수면 온도 편차값을 산출하는 것은 동일하나 기준이 되는 기후값을 각 연도마다 다르게 적용하고 산출된 값을 3개월 이동평균하여 최종 결과를 제시하는 것에서 차이가 있다. 국가마다 기준이 조금씩 다른데, 미국에서는 평균 해수면 온도 편차의 3개월 이동평균값의 ±0.5°C를 엘리뇨(라니냐) 발달의 시작으로 본다(Trenberth, K. E. 1997; Yu, J. Y. 2013).

[그림 1] 엘리뇨(A), 라니냐(B) 발생 시 해수 표층 온도의 변화



자료: <http://iridl.ldeo.columbia.edu>의 expert mode에서 연구자가 직접 작성

### 1) 엘니뇨(El Niño)

엘니뇨가 발생하면 열대 태평양의 중부 또는 동부 지역의 해수면 온도가 평균보다 더 따뜻해진다. 엘니뇨 기간에는 무역풍이 약화되어 따뜻한 표층 해수가 동쪽으로 확산되는데, 고기압대가 형성된 동남아시아와 서태평양 지역은 일반적으로 강우량이 감소하여 평균보다 건조한 상태를 경험하게 된다. 종종 특정 지역에서는 더 덥고 건조한 환경이 지속되어 기온 상승과 폭염으로 이어지기도 한다. 엘니뇨 발생의 전반적인 추세는 기후변화로 인하여 지구의 온도가 상승하면서 엘니뇨 현상이 더 빈번해질 것으로 예상된다.

### 2) 라니냐(La Niña)

라니냐가 발생하면 동쪽 무역풍이 강화되어 따뜻한 표층 해수가 서태평양으로 밀려나게 된다. 이로 인해 저기압대가 더 발달하게 된 동남아시아와 서태평양 지역에서는 강우량이 증가되어 일반적으로 평균보다 습한 날씨를 경험하게 된다. 종종 해당 지역에서는 폭우로 인하여 강이 범람하면서 홍수가 발생하기도 한다.

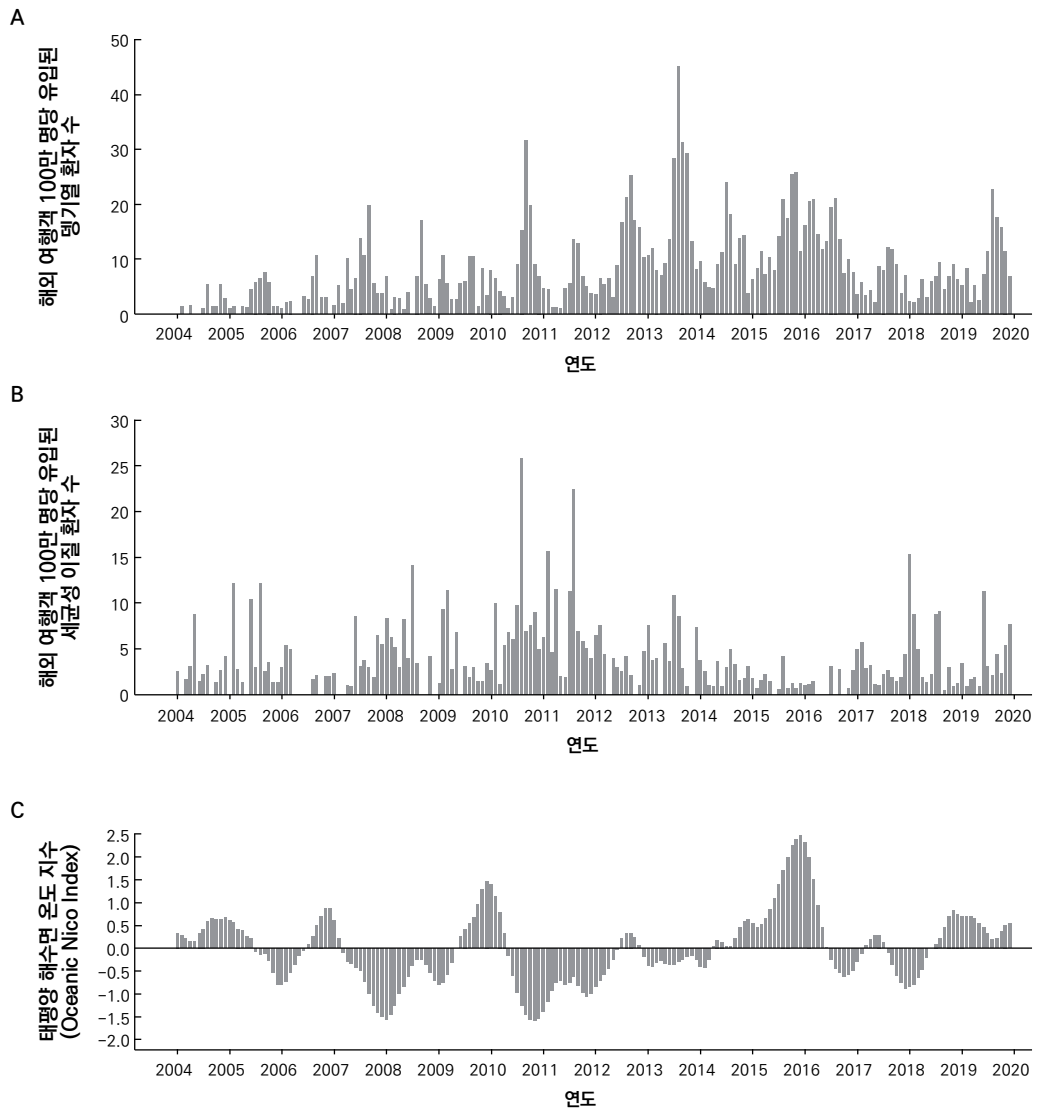
## 다. 엘니뇨·남방진동과 감염병

### 1) 뎅기(dengue)열

뎅기열은 모기에 의해 전파되는 바이러스성 질병으로, 일반적으로 비교적 따뜻하고 습한 날씨와

관련이 있다. 태평양의 해수면 온도가 상승하고 인접 지역에 고온 건조한 기상 현상이 발생하면 모기 매개체의 성장 발달 속도에 영향을 주게 되는데, 이러한 과정에 일정한 시간이 소요된다. 또한 뎅기 바이러스를 보유하고 있는 모기 매개체에 물려 인체 증상이 나타나기까지는 잠복기라고 알려져 있는 기간을 거치게 된다. 증상이 발생한 환자는 병원을 방문하여 뎅기열 진단을 받게 되며, 환자를 진단한 병원은 법정감염병 신고 체계에 따라 국가 감시망에 등록하게 되는데, 각 단계마다 일정 시간이 소요된다. 이와 같은 모든 단계를 고려하였을 때 태평양 해수면 온도 상승에서부터 뎅기열 환자 발생에 대한 감시망 자료 집계까지는 항상 일정한 시간 지연이 발생한다. 시간 지연 효과는 몇 개월에 걸쳐 발생하기는 하지만 열대 태평양에서 엘니뇨 현상이 발생하면 동남아시아와 서태평양의 일부 지역에서는 엘니뇨와 관련된 기상 조건으로 인하여 뎅기열 유행이 나타나기도 한다. 강한 엘니뇨가 발생하여 가뭄이 발생한 인도네시아에서는 다음 해에 뎅기열이 종종 발생하기도 하였다(Kovats R. S. 2000). 2015년 3월부터 2016년 5월까지 지속된 엘니뇨 현상은 21세기 들어 발생한 가장 강력한 엘니뇨 현상이었다(그림 2C). 이로 인하여 동남아시아와 서태평양 지역에서는 뎅기열 감염 사례가 크게 증가하였다(Anyamba, A. 2019). 실제 말레이시아와 인도네시아의 공식 자료에서도 해당 엘니뇨 발생 시기에 뎅기열 환자 발생이 크게 증가하였음이 확인되었다(그림 3).

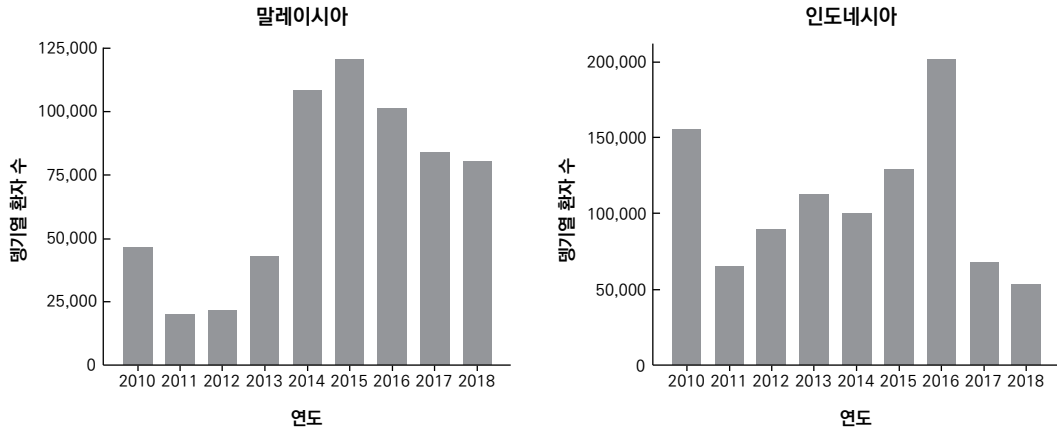
[그림 2] 태평양 해수면 온도 지수와 해외유입 뎅기열과 해외유입 세균성 이질의 시계열 분포, 2004-2019



주: A(국내 해외여행객 1백만명 당 해외유입 뎅기열 환자 수), B(국내 해외여행객 1백만명 당 해외유입 세균성 이질 환자 수), C(태평양 해수면 온도 지수 중 하나인 Oceanic Niño Index)

자료: A, B(질병관리청. 감염병 누리집. 전수감시감염병 (<https://npt.kdca.go.kr>)), C(APEC기후센터. 기후예측 정보. 기후현황. 기후지수 (<https://www.apcc21.org>))

[그림 3] 말레이시아와 인도네시아에서의 뎅기열 환자 발생 현황, 2010-2018



자료: Malaysian open data portal. (n.d.). Annual Number of Dengue Disease Cases by State and Age Group. [https://www.data.gov.my/data/ms\\_MY/dataset/penyakit-denggi](https://www.data.gov.my/data/ms_MY/dataset/penyakit-denggi)에서 2023.6.23. 인출 ; Ministry of health Republic of Indonesia. (n.d.). Indonesia health profile. <https://www.kemkes.go.id/folder/view/01/structure-publikasi-pusdatin-profil-kesehatan.html>에서 2023.6.23. 인출

세계의 열대 및 아열대 지역에서 뎅기 바이러스를 매개하는 모기인 이집트 숲모기(*Aedes albopictus*)는 집 안팎에서 흔히 볼 수 있는 인공 용기에 알을 낳는 것을 선호한다. 엘리뇨로 인한 가뭄은 물 공급에 어려움을 야기하여 사람들의 행동을 변화시키기도 한다. 이로 인하여 물을 용기에 저장하여 보관하는 행태는 오히려 뎅기열 매개 모기에게 서식지를 더 많이 제공하게 되기도 하였다(Brown, L. 2014).

한편 뎅기 바이러스에 감염된 환자의 혈액을 흡혈한 숲모기가 다른 사람에게 바이러스를 전파하기 위해서는 흡혈 후 장에 머물던 바이러스가 침샘까지 이동하여야 한다. 이를 외잠복기(external incubation period)라고 하는데 일정한 시간이 소요된다. 실험실 환경에서 뎅기 혈청형 2형 바이러

스의 경우 이집트 숲모기에서 외잠복기가 30°C에서는 12일이었으나, 32~35°C에서는 7일로 단축되었다. 모기 매개 감염병의 전파에서 외잠복기의 단축은 보다 빠른 병원체의 전파를 가능하게 한다. 따라서 동남아시아와 서태평양 지역에서 고온 건조한 환경이 조성되는 엘리뇨 현상이 이집트 숲모기 매개체의 전파 효율을 변화시켜 뎅기열 발생 위험을 증가시키는 원인일 수 있다(Watts, D. M. 1987).

국내에서 진단된 뎅기열 환자는 모두 해외 유입 사례로 대부분 아시아 지역, 특히 동남아시아를 여행하던 중에 감염된 것으로 알려져 있다(김재석 외, 2021, 표 1). 앞서 언급한 태평양 해수면 온도 지표 중 하나인 ONI는 +0.5°C 이상으로 수치가 증가하

**[표 1] 국내에서 진단된 뎅기열 해외유입 환자 신고 현황, 2011-2019**

(단위: 명)

지역	계	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
계	1,807	72	149	251	164	255	313	171	159	273
아시아	1,770	70	148	239	162	253	307	166	157	268
아프리카	10	1	0	4	1	1	0	1	1	1
오세아니아	7	0	0	2	0	0	1	3	0	1
아메리카	13	1	1	2	1	0	4	1	1	2
유럽	2	0	0	1	0	0	1	0	0	0
중동	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
미상	5	0	0	2	0	1	1	0	0	1

자료: 질병관리청. (2020). 뎅기열 해외유입 환자 신고 현황, 2011-2020. 감염병 감시연보.

면 엘리노 발생 가능성이 증가하는 것으로 해석할 수 있으며,  $-0.5^{\circ}\text{C}$  이하로 수치가 감소하면 라니냐 발생 가능성이 증가하는 것으로 해석할 수 있다. 국내에서 동남아시아를 여행하고 뎅기열 진단을 받은 여행자 100만 명당 확진자 수의 월별 자료와 태평양 해수면 온도 지표 중 하나인 ONI 자료를 비교분석해 보면 약 5개월의 시간이 지연된 ONI 수치가  $+0.5^{\circ}\text{C}$ 를 초과하여 엘리노가 발생하는 방향으로 진행할수록 뎅기열 유입 환자 수가 증가하는 경향을 나타낸다(그림 2A, 4A). 그러나 ENSO와 뎅기열 발생 사이의 관계는 지역과 시기에 따라 항상 일관되지는 않으며 집단면역 수준, 매개체 관리 등 다른 요인에 의해 영향을 받기도 한다.

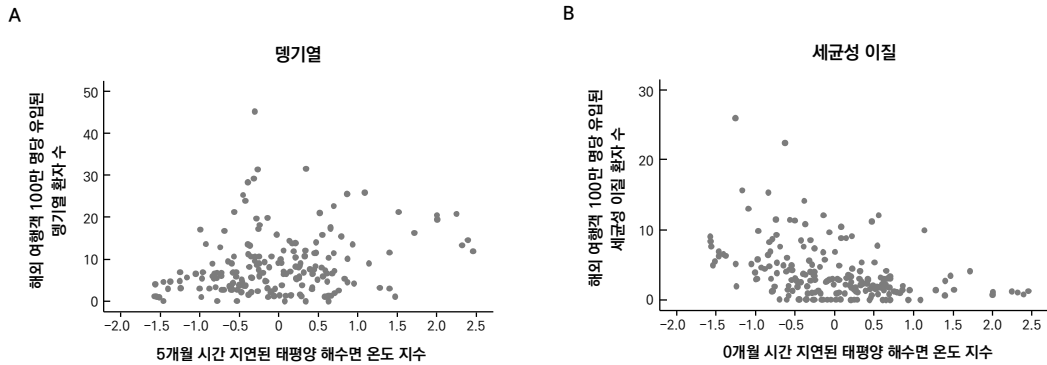
## 2) 세균성 이질(shigellosis)

세균성 이질은 설사, 발열, 복부 경련을 일으키는 장의 세균으로 인하여 발생하는 감염병이다. 세

균성 이질은 주로 사람 간 접촉이나 오염된 음식이나 물 섭취를 통해 전파되기 때문에 특정 기후 형태보다는 지역사회의 환경과 사회적 요인이 더 밀접하게 연관되어 있는 것으로 알려져 있다. 엘리노-라니냐와 세균성 이질의 병원체 사이 관계는 아직까지 명확하게 밝혀져 있지 않다. 하지만 라니냐 현상이 동남아시아와 서태평양 지역에 강우량을 증가시키기 때문에 위생 인프라가 열악한 지역에서는 지표면의 분변이 식수원으로 흘러들어가 오염시킬 수 있다. 이러한 경로를 통하여 현지에서의 수인성 및 식품 매개 감염병의 전파에 기여할 수 있다(Kovats R. S. 2000). 동남아시아 국가 중에서 라니냐 현상의 직접적인 영향권에 있는 베트남에서 수행된 연구에서도 보다 많은 세균성 이질 환자가 우기 동안 발생하였다. 국내에서 동남아시아 국가들의 방문자가 대다수인 국외 여행객을 대상으로 수행한 연구에서도 유사한 결과가 제시되었다. 국외 여행자



[그림 4] 시간 지연을 고려한 태평양 해수면 온도 지수(ONI)와 해외유입 멧기열(A)과 해외유입 세균성 이질(B)의 산포도



자료: 질병관리청. (n.d.). 감염병 누리집. 전수감시감염병 (<https://npt.kdca.go.kr>); APEC기후센터. (n.d.). 기후예측 정보. 기후현황. 기후지수 (<https://www.apcc21.org>)

100만 명당 해외 유입 세균성 이질 확진자 수의 월별 자료와 태평양 해수면 온도 지표 중 하나인 ONI 자료를 비교분석해 보면 ONI 수치가 0.5°C를 초과하여 엘니뇨가 발생하는 방향으로 진행하면 환자 발생이 크게 감소하였고, 0.5°C 미만으로 감소하여 라니냐가 발생하는 방향으로 진행하면 세균성 이질 환자의 유입이 크게 증가하였다(Kelly-Hope, 2008; Kim, J. H., 2020. 그림 2B, 4B).

남방진동의 영향이 뚜렷하게 나타나지는 않는다. 하지만 국내에서 발생하는 감염병은 특정 연도에 발생한 기상 요인 변동으로 인한 영향이 직접적으로 관찰되거나, 장기간에 걸친 기온 상승의 영향이 감염병 매개체의 서식지 확대와 같은 현상으로 나타나기도 한다.

### 3 기후요소가 국내 감염병 발생에 미치는 영향

엘니뇨-남방진동의 영향을 직접적으로 받는 국가를 방문한 후 감염되어 국내로 유입되는 해외 유입 감염병들의 사례와 다르게 국내에서는 엘니뇨-

#### 가. 곤충 매개 감염병(vector-borne disease)

##### 1) 모기 매개 감염병 (mosquito-borne disease)

국내에서 법정감염병으로 신고되고 있는 모기 매개 감염병은 숲모기, 집모기, 얼룩날개모기 (*Anopheles spp*)를 매개 모기로 한다. 국내 도심

에서 가장 흔하게 보이는 빨간집모기(*Culex pipiens*)는 웨스트나일열을 매개할 수 있는 모기 종으로 알려져 있으나, 아직까지 국내에서 웨스트나일열 환자가 발생했다는 보고는 없다. 작은빨간집모기가 매개하는 일본 뇌염과 중국얼룩날개모기가 매개하는 말라리아가 국내에서 자체 발생하고 있는 모기 매개 감염병이다. 일본뇌염은 1980년대부터 국내에서 시행된 예방접종사업의 성과로 환자가 크게 감소하였다. 말라리아는 1990년대 국내에서 재출현한 이후 2000년대 초반 정점에 도달하였다가 이후 꾸준히 감소 추세를 보여 현재는 약 400명 내외의 환자가 발생하고 있다.

모기는 변온동물이기 때문에 자연환경에서의 기온 변화에 따라 개체수 밀도가 민감하게 반응하는 특징을 가지고 있다. 모기 매개 감염병의 유행에는 병원체의 국내 유입이 가장 중요한 요소이지만, 일단 토착화되면 모기 개체수 밀도 변화 수준이 환자 발생 규모에 영향을 주게 된다. 기후변화로 인한 기온 상승은 연중 모기가 서식할 수 있는 물리적 기간을 증가시키고, 서식 가능한 북방한계선이 더 확대되어 보다 많은 장소에서 모기의 장기간 서식이 가능하도록 한다. 하지만 극단적인 폭염이나 가뭄으로 인한 물 부족은 모기의 성장과 발달에 영향을 주어 개체수 밀도 변화에 영향을 줄 수 있다.

국내 인천광역시에서 채집된 모기 매개체 자료를 이용한 연구 결과에 따르면 국내에 서식하고 있는 주요 모기 종은 일반적으로 2주 전 일평균 기온이 23~26℃ 정도로 유지되었을 때 개체수 밀도가

최고 정점에 도달하였다. 기온이 더 상승하거나, 낮아지는 경우에는 개체수 밀도가 감소하였다(Lim, A. Y. 2021). 이는 기후변화로 인한 기온 상승이 평균적으로는 모기 매개체 개체수 밀도 증가의 형태로 진행되겠지만, 폭염 형태로 나타나는 시기에는 일시적으로 모기 개체수 밀도가 감소할 수도 있음을 의미한다. 기후변화로 인한 기상요소들의 변동은 기존에 서식하고 있는 모기 매개체의 개체수 변화에 영향을 주기도 하지만 기존에는 서식하지 않았던 새로운 종의 유입과 토착화에 기여하기도 한다. 기존에 미국 캘리포니아 지역에는 서식하지 않았던 멧기열을 매개하는 주요 모기 종인 이집트 숲모기가 2010년대에 이후에 토착화 양상을 보이고 있는 것이 하나의 사례로 볼 수 있다(Gloria-Soria, A. 2014; Pless, E. 2017).

## 2) 진드기 매개 감염병(tick-borne disease, mite-borne disease)

국내에서 법정감염병으로 신고되고 있는 진드기 매개 감염병은 쯤진드기(mites)가 매개하는 쯤쯤가무시증(scrub typhus)과 참진드기(ticks)가 매개하는 중증열성혈소판감소증후군(SFTS), 라임병(lyme disease)으로 구분할 수 있다. 쯤쯤가무시증을 매개하는 쯤진드기에 포함되는 털진드기는 성장 단계 중에서 유충 시기에만 지상에서 생활하고, 나머지 시기에는 모두 땅속에서 생활하는 것이 특징이다. 따라서 서식하는 환경의 습도, 온도, 먹이 등에 따라 생활사가 큰 영향을 받는 것으로 알려져

있다. 특히 땅속의 습도가 낮으면 털진드기의 성충은 땅속 깊이 파고들고 산란을 중지하는 것으로 알려져 있어 기후변화로 인한 폭염이나 가뭄은 개체 수 밀도를 감소시키는 방향으로 영향을 줄 수 있다(Elliott, I., 2019). 털진드기는 유충만이 숙주에 부착하여 체액을 섭취하는데, 유충은 온도가 10℃ 이상으로 올라갈 때까지는 활동을 하지 않는 경향이 있고, 12℃ 이상에서는 기어다니며, 28℃에서는 분당 약 10cm 속도로 기어다닐 수 있다고 하였다(Suzuki, T. 1954). 이처럼 기상요소의 변동은 털진드기 유충의 생활사에 영향을 주게 되기 때문에 쯔쯔가무시증 환자 발생 규모에 영향을 줄 수 있다.

#### 나. 장 감염 질환

##### (Intestinal infectious disease)

장 감염 질환은 세균, 바이러스, 기생충 등 다양한 병원체에 의해서 발생하는 흔한 감염성 질환이다. 국내에서 주로 세균과 바이러스에 의해 발생하는 장 감염 질환의 발생은 계절성(seasonality)을 가지고 있는데, 다른 나라에서도 유사한 계절성을 보고하고 있다(Martinez M. E. 2018; Fisman D. N. 2007). 낮은 온도에서는 노로바이러스, 로타바이러스와 같은 바이러스성 위장염의 위험이 증가하였으며, 높은 온도에서는 살모넬라, 캄필로박터와 같은 세균성 위장염의 위험이 증가하였다. 특정 온도 환경에서 바이러스의 생존에 대한 실험적

연구들이 이러한 결과를 뒷받침하고 있으며, 세균의 증식 속도가 온도 증가와 관련 있다는 것은 기존 연구에서 잘 알려져 있다(Sung, J. 2022). 이처럼 전체적인 장 감염 질환은 서로 다른 병원체의 원인으로 인하여 낮은 온도에서도 환자 발생이 증가하고, 높은 온도에서도 환자 발생이 증가하여 기온의 증감에서 U자 모양에 가까운 환자 발생 분포를 나타낸다(Morral-Puigmal, C. 2018). 기후변화로 인한 미래 장 감염 질환 발생 규모를 예측한 일본의 연구에서는 기온 상승으로 인하여 세균성 장 감염 질환의 규모는 증가하지만, 기온 상승으로 인한 바이러스성 장 감염 질환 규모의 감소폭이 더 클 것으로 예상하여 온도 관련 미래의 초과 장 감염 질환은 순 감소를 경험할 것이라고 예측하기도 하였다(Onozuka, D. 2019).

#### 다. 비브리오패혈증(Vibrio vulnificus)

비브리오패혈증은 비브리오패혈증균에 오염된 해산물을 날것이나 덜 익힌 상태로 섭취하였을 때나, 병원체가 존재하는 조개류, 해수와 상처를 통한 접촉을 통해 감염되는 질환이다. 비브리오패혈증은 과거 매년 5월부터 11월 사이에 주로 환자가 발생하였는데, 강우량이 증가하거나 폭우가 내린 후 환자 발생 증가가 보고된 바 있다(Na, W. 2016). 이는 비브리오패혈증균이 상대적으로 낮은 염도에서 잘 증식하는데, 폭우로 인해 유입되는 담수의 양 증가가 해안가 바닷물의 염도를 낮춰서 번식에 유리

한 환경을 조성한 것과 관련된다(Kang, S. J. 2020). 이러한 결과는 향후 기후변화로 인하여 집중호우의 빈도와 강도가 증가하였을 때 국내에서 비브리오패혈증 감염 사례가 증가할 수 있음을 보여 주는 근거가 된다.

#### 4 나가며

기후변화는 인간의 건강에 큰 위협으로 다가온다. 국내 상황을 살펴보면 태풍, 집중호우는 미래 기후변화로 인하여 빈도가 잦고 강도가 증가할 것으로 예상된다. 이로 인하여 발생하는 자연재해는 감염병 발생의 증가로 이어질 것으로 보인다. 또한 기후변화로 인한 곤충 매개체의 공간적 서식지 확대, 시간적인 서식 가능 기간의 증가, 수인성·식품매개 감염병의 계절적 발생 분포의 변화는 지금보다 더 많은 감염병 환자 발생으로 이어질 것으로 보인다. 국외 상황을 살펴보면 지금까지 한 국가에서의 새로운 감염병 유입이나 발생은 항공 여행을 통한 전파 때문이거나 무역을 위한 화물 운반 시 들어온 매개체 때문이었다. 미래에는 지금보다 더 많은 항공 여행 수요가 발생할 것이고, 지구촌 무역량은 더욱더 증가할 것이다. 기후변화로 인한 가장 일반적인 생태 징후 중 하나는 종(species)의 서식 관련 지리적 범위의 확대와 이동이다(Mora, C. 2022). 아직까지 국내에서는 해외 유입 감염병으로만 알려져 있는 뎅기열, 치쿤구니아열, 지카바이러스감염증, 웨스트나일열의 국내 상륙 시간표는

지구 기온 상승 수준에 비례하여 점점 앞당겨지고 있다. 기후변화는 병원체의 생활사에 영향을 주기도 하지만, 사람들의 생활양식도 변화하게 한다. 미래의 폭염 빈도 증가는 사람들의 물놀이 활동 빈도를 증가시킬 것이다. 이는 국외에서 원발성 아메바성 뇌수막염처럼 높은 치사율을 보이는 병원체의 감염 사례도 증가시킬 것으로 예상된다.

산업화와 도시화 과정을 거치면서 지속적으로 배출한 온실가스는 지구 평균 기온의 상승을 야기하였다. 이는 폭염, 폭우와 같은 극한 기상현상의 발생 빈도를 증가시키고 있다. 게다가 기후변화에 대한 각 국가의 완화와 적응을 위한 노력을 고려하더라도 현재의 기온 증가 속도하에서는 지구 기온의 1.5도 이내 상승 억제가 쉽지 않을 것으로 알려져 있다. 이러한 기온 상승과 극한 기상현상으로 인한 강우 수준의 변화는 미래 우리 사회에 새로운 감염병의 등장을 촉진하게 될 것으로 예상된다.

기후변화에 대한 적응 전략은 기후변화로 인한 영향을 최소화하는 데 기여할 수 있다. 기후변화로 인하여 국내에서 증가할 것으로 예상되는 감염병 환자들에 대한 감시망 강화는 환자를 조기에 발견하여 지역사회 전파를 차단하는 데 도움을 줄 수 있다. 또한 감염병 병원체에 대한 체계적인 조사와 자료 수집은 조기 경보를 가능하게 하여 사람들의 행동학적 변화를 유도하는 데 도움이 된다. 기후변화로 인하여 발생할 수 있는 감염병 유행에서 사람들의 행동학적 변화를 유도하기 위해서는 국민들과 충분한 수준의 위험소통(risk communication)이

필요하기 때문에 이에 대한 기능과 역할을 강화하는 것도 요구된다. 해외여행객을 통한 감염병의 국내 유입은 향후 해외 여행객이 지속적으로 증가할 것으로 예상되기 때문에 국내 신종 감염병 유행의 위험 요소 중 하나로 여겨진다. 동남아시아 및 서태평양 지역의 저소득 및 중위소득 국가를 대상으로 한 공적개발원조(ODA) 사업에서 기후변화에 대한 적응 전략 중 하나로 해당 국가의 감시망을 구축하고 지원하는 것은 지원 대상 국가뿐만 아니라 우리나라 국민들의 미래 건강 보호를 위한 접근 전략이 될 수 있다. 또한 많은 교민이 거주하거나 여행객의 방문 빈도가 잦은 지역의 재외공관에 보건 관련 주재관을 배치하여 해외에서 발생하는 감염병 관련 정보를 획득하고, 관련 사건·사고를 담당하게 하는 것도 재외국민을 보호하고, 감염병의 국내 유입을 억제하는 데 충분히 도움이 될 수 있다. ㉞

## 참고문헌

- 김재석, 강혜지, 임아람, 이예지, 이덕용, 한명국. (2021). 해외 유입 뎅기 바이러스 혈청형 분석, 2018-2020. **주간 건강과 질병, 제14권, 제33호**, 2366-2373.
- 질병관리청. (2020) 뎅기열 해외유입 환자 신고 현황, 2011-2020. **감염병 감시연보**, 2020, 387. Retrieved from <https://npt.kdca.go.kr/npt/biz/npp/portal/nppPblctDtaView.do?pblctDtaSeAt=1&pblctDtaSn=2452>
- 질병관리청. (n.d.). **감염병 누리집**. 전수감시감염병. Retrieved from <https://npt.kdca.go.kr/npt/biz/npp/ist/bass/bassDissStatsMain.do>
- Anyamba, A., Chretien, J. P., Britch, S. C., Soebiyanto, R. P., Small, J. L., Jepsen, R., Forshey, B. M.,...Linthicum, K. J. (2019). Global Disease Outbreaks Associated with the 2015-2016 El Niño Event. *Scientific reports*, 9(1), 1930. doi: 10.1038/s41598-018-38034-z.
- APEC 기후센터. (n.d.). 기후예측 정보. 기후현황. 기후지수 Retrieved from <https://www.apcc21.org/ser/indic.do?lang=ko>. 2023.6.20.
- Brown, L., Medlock, J., & Murray, V. (2014). Impact of drought on vector-borne diseases --how does one manage the risk? *Public health*, 128(1), 29-37. doi: 10.1016/j.puhe. 2013.09.006.
- Columbia Climate School(n.d.). Climate Data Library. <http://iridl.ldeo.columbia.edu>. 2023.06.20
- Elliott, I., Pearson, I., Dahal, P., Thomas, N. V., Roberts, T., & Newton, P. N. (2019). Scrub typhus ecology: a systematic review of Orientia in vectors and hosts. *Parasites & vectors*, 12(1), 513. doi: 10.1186/s13071-019-3751-x.
- Fisman D. N. (2007). Seasonality of infectious diseases. *Annual review of public health*, 28, 127-143. doi: 10.1146/annurev.publhealth.28.021406.144128.
- Gloria-Soria, A., Brown, J. E., Kramer, V., Hardstone Yoshimizu, M., & Powell, J. R. (2014). Origin of the dengue fever mosquito, Aedes

- aegypti, in California. *PLoS neglected tropical diseases*, 8(7), e3029.  
doi: 10.1371/journal.pntd.0003029.
- Kang, S. J., Jung, S. I., & Peck, K. R. (2020). Historical and Clinical Perspective of *Vibrio vulnificus* Infections in Korea. *Infection & chemotherapy*, 52(2), 245–251.  
doi: 10.3947/ic.2020.52.2.245.
- Kelly-Hope, L. A., Alonso, W. J., Thiem, V. D., Canh, D. G., Anh, D. D., Lee, H., & Miller, M. A. (2008). Temporal trends and climatic factors associated with bacterial enteric diseases in Vietnam, 1991–2001. *Environmental health perspectives*, 116(1), 7–12.  
doi: 10.1289/ehp.9658.
- Kim, J. H., Sung, J., Kwon, H. J., & Cheong, H. K. (2020). Effects of El Niño/La Niña on the Number of Imported Shigellosis Cases in the Republic of Korea, 2004–2017. *International journal of environmental research and public health*, 18(1), 211.  
doi: 10.3390/ijerph18010211.
- Kovats R. S. (2000). El Niño and human health. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9), 1127–1135. Retrieved from <https://apps.who.int/iris/handle/10665/268213>. 2023.6.23.
- Lim, A. Y., Cheong, H. K., Chung, Y., Sim, K., & Kim, J. H. (2021). Mosquito abundance in relation to extremely high temperatures in urban and rural areas of Incheon Metropolitan City, South Korea from 2015 to 2020: an observational study. *Parasites & vectors*, 14(1), 559.  
doi: 10.1186/s13071-021-05071-z.
- Malaysian open data portal. (n.d.). Annual Number of Dengue Disease Cases by State and Age Group. Retrieved from [https://www.data.gov.my/data/ms\\_MY/dataset/penyakit-denggi/2023.6.20](https://www.data.gov.my/data/ms_MY/dataset/penyakit-denggi/2023.6.20).
- Martinez M. E. (2018). The calendar of epidemics: Seasonal cycles of infectious diseases. *PLoS pathogens*, 14(11), e1007327.  
doi: 10.1371/journal.ppat.1007327.
- Mora, C., McKenzie, T., Gaw, I. M., Dean, J. M., von Hammerstein, H., Knudson, T. A., Setter, R....Franklin, E. C. (2022). Over half of known human pathogenic diseases can be aggravated by climate change. *Nature climate change*, 12(9), 869–875.  
doi: 10.1038/s41558-022-01426-1.
- Morral-Puigmal, C., Martínez-Solanas, É., Villanueva, C. M., & Basagaña, X. (2018). Weather and gastrointestinal disease in Spain: A retrospective time series regression study. *Environment international*, 121(Pt 1), 649–657.  
doi: 10.1016/j.envint.2018.10.003.
- Ministry of health Republic of Indonesia. (n.d.). Indonesia health profile. Retrieved from <https://www.kemkes.go.id/folder/view/01/structure-publikasi-pusdatin-profil-kesehatan.html>. 2023.6.20.
- Na, W., Lee, K. E., Myung, H. N., Jo, S. N., & Jang, J. Y. (2016). Incidences of Waterborne and Foodborne Diseases After Meteorologic

- Disasters in South Korea. *Annals of global health*, 82(5), 848–857.  
doi: 10.1016/j.aogh. 2016.10.007.
- Onozuka, D., Gasparrini, A., Sera, F., Hashizume, M., & Honda, Y. (2019). Modeling Future Projections of Temperature-Related Excess Morbidity due to Infectious Gastroenteritis under Climate Change Conditions in Japan. *Environmental health perspectives*, 127(7), 77006.  
doi: 10. 1289/EHP4731.
- Pless, E., Gloria-Soria, A., Evans, B. R., Kramer, V., Bolling, B. G., Tabachnick, W. J., & Powell, J. R. (2017). Multiple introductions of the dengue vector, *Aedes aegypti*, into California. *PLoS neglected tropical diseases*, 11(8), e0005718.  
doi: 10.1371/journal.pntd.0005718.
- Sung, J., Cheong, H. K., Kwon, H. J., & Kim, J. H. (2022). Pathogen-specific response of infectious gastroenteritis to ambient temperature: National surveillance data in the Republic of Korea, 2015–2019. *International journal of hygiene and environmental health*, 240, 113924.  
doi: 10.1016/j.ijheh.2022.113924
- Suzuki, T. (1954). Studies on the Bionomics and Chemical Control of Tsutsugamushi (Scrub-Typhus Mites). Part II. *Trombicula scutellaris* Nagayo et al. in Southern Kanto of Japan. *Jikken Igaku Zasshi= Japanese Journal of Experimental Medicine*, 24(4), 181–97. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13242249/>2023.6.20.
- Trenberth, K. E. (1997). The definition of el nino. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(12), 2771–2778.  
doi: 10.1175/1520-0477(1997)078<2771:TDOENO>2.0.CO;2
- Watts, D. M., Burke, D. S., Harrison, B. A., Whitmire, R. E., & Nisalak, A. (1987). Effect of temperature on the vector efficiency of *Aedes aegypti* for dengue 2 virus. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 36(1), 143–152.  
doi: 10.4269/ajtmh.1987.36.143.
- Yu, J. Y., & Kim, S. T. (2013). Identifying the types of major El Niño events since 1870. *International journal of climatology*, 33(8), 2105–2112.  
doi: 10.1002/joc.3575

# The Impact of Climate Change on the Epidemic of Infectious Diseases

Kim, Jong-Hun

(Sungkyunkwan University School of Medicine)

The Intergovernmental Panel on Climate Change predicts that extreme weather events caused by climate change will have direct and indirect effects on human health. Climate variability is a natural fluctuation in the global climate system, and the El Niño-La Niña phenomenon that occurs in the tropical Pacific Ocean affects the climate in Southeast Asia and the western Pacific region. El Niño increases the incidence of dengue in the region, and La Niña increases the incidence of shigellosis. Changes in meteorological factors due to climate change affect the habitat of mosquitoes and ticks. For intestinal infectious diseases, viral infections can increase at lower temperatures, and bacterial infections can increase at higher temperatures. The prevalence of *Vibrio vulnificus* may rise as a result of freshwater runoff from heavy rainfall, which lowers salinity. Curbing climate change itself is considered an ideal strategy for climate change response. However, strengthening and expanding infectious disease surveillance networks and personnel in charge at home and abroad may be the best option for the future as an adaptation strategy for reducing the spread of infectious diseases caused by climate change that the public is aware of.